

# Condiciones climáticas y control biológico de la mosca mediterránea de la fruta, *Ceratitis capitata*, mediante el parasitoide *Aganaspis daci*

*Aganaspis daci* es un endoparasitoide larvario de tefrítidos identificado en España por primera vez en el año 2009 sobre la mosca mediterránea de la fruta, *Ceratitis capitata*, por parte del equipo de entomología del IVIA. Desde entonces y dado su uso en otros países para el control poblacional de diversas especies de moscas de las frutas, se ha establecido un plan de estudio de la especie con el fin de valorarla como posible agente de control de este tefrítido plaga en la región Mediterránea.

Dentro de dicho plan se enmarcan diversos ensayos de laboratorio y de campo, como el trabajo que se muestra a continuación. En éste, se ha valorado la acción parasitaria de *Aganaspis daci* (estimada como el porcentaje de parasitismo y la mortalidad inducida por el parasitoide) sobre la mosca mediterránea de la fruta, bajo condiciones de campo y a lo largo de un año natural. Los resultados obtenidos resultan fundamentales para conocer la influencia de las condiciones climáticas mediterráneas sobre la actividad del parasitoide y, consecuentemente, para planear las sueltas inundativas del mismo en los programas de control de *Ceratitis capitata*.

**PALABRAS CLAVE:** *Aganaspis daci*, *Ceratitis capitata*, control biológico, parasitismo, mortalidad inducida.

L. de Pedro<sup>1,2</sup>, F. Beitia<sup>1</sup>, B. Sabater-Muñoz<sup>1,3</sup>, A. Harbi<sup>1,4</sup>, F. Ferrara<sup>1,5</sup>, C. Polidori<sup>6</sup>, J.D. Asís<sup>2</sup>, J. Tormos<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Unidad de Entomología. Centro de Protección Vegetal y Biotecnología. Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA). Montcada. Valencia.

<sup>2</sup> Departamento de Biología Animal, Parasitología, Ecología, Edafología y Química Agrícola. Facultad de Biología. Universidad de Salamanca. Salamanca.

<sup>3</sup> Smurfit Institute of Genetics. Trinity College of Dublin. Dublín. Irlanda.

<sup>4</sup> Institut Supérieure Agronomique de Chott-Mériem. Université de Sousse. Chott-Mériem. Túnez.

<sup>5</sup> Instituto Federal Fluminense (IFF). Rio de Janeiro. Brasil.

<sup>6</sup> Instituto de Ciencias Ambientales (ICAM). Universidad de Castilla-La Mancha. Toledo.

## INTRODUCCIÓN

Bajo el término tefrítidos (Diptera: Tephritidae) se engloban las verdaderas moscas de la fruta, dípteros que atacan a más de 330 especies vegetales a nivel global (Líquido *et al.*, 1991; Papadopoulos, 2008) siendo causantes de numerosas pérdidas económicas por pérdida de producción o por el establecimiento de estrictos sistemas cuarentenarios y sistemas de gestión (Argilés & Tejedo, 2007; Castañera, 2007). Esta familia abarca a más de 4000 especies, siendo los géneros más importantes *Anastrepha*, *Bactrocera* y *Ceratitis*. Entre las especies más significativas de tefrítidos, nos gustaría destacar a

*Ceratitis capitata* (Wiedemann) o mosca Mediterránea de la fruta, *Bactrocera oleae* Rossi o mosca del olivo, y *Rhagoletis cerasi* (L.) o mosca europea de la cereza, por ser las más próximas a nuestra área de estudio. Las estrategias de control más frecuentemente utilizadas contra estos tefrítidos son la técnica del insecto estéril (TIE), el trapeo masivo y el control biológico a través del uso de parasitoides (Beitia *et al.*, 2011, 2014; Delrío & Cocco, 2012).

Entre los parasitoides de *C. capitata*, uno de los más prometedores para su uso como agente de control es *Aganaspis daci* (Weld) (Hymenoptera, Figitidae) (**Figura 1**), endoparasitoide

solitario, primario y larvo-pupal de moscas de la fruta. Esta especie se citó por primera vez en 1951 como parasitoide larvario de *Bactrocera dorsalis* (Hendel) (= *Dacus dorsalis*) en Malasia y Taiwan (Weld, 1951) y, desde entonces, ha sido introducida en numerosos países para el control de tefrítidos plaga (Clausen, 1978; Wharton *et al.*, 1981). Sin embargo, y pese a que su efectividad sobre diversas moscas de la fruta ha podido ser probada (Baranowski *et al.*, 1993; Ovruski *et al.*, 2007), su potencial como agente de control de *C. capitata* está aún en duda, principalmente por la escasez de datos al respecto. En este sentido, *Aganaspis daci* se ha encontrado atacando a la mosca



mediterránea de la fruta en Grecia sobre higos (Papadopoulos & Katsoyannos, 2003), en Siria sobre nísperos, uvas y melocotones (Ali *et al.*, 2015, 2016) y en España (y más concretamente en la Comunidad Valenciana) sobre higos y cítricos (Verdú *et al.*, 2011; Sabater-Muñoz *et al.*, 2012).

La presencia de manera natural de este parasitoide en la Cuenca Mediterránea ha incrementado el interés por conocer si podría tratarse de una especie efectiva en el control en campo de *C. capitata* en esta zona. Actualmente, se sabe que *A. daci* presenta una fertilidad (es decir, una producción de descendencia) muy baja en campo comparado con otros parasitoides de *C. capitata* en áreas mediterráneas (Beitia *et al.*, 2007a,b; Harbi *et al.*, 2016; de Pedro *et al.*, 2016a,b, 2017a,b); las causas de este fenómeno son aún desconocidas, siendo una posibilidad la incapacidad de este parasitoide de ovipositar de manera eficiente bajo ciertas condiciones climáticas.

Así, en el presente trabajo resumimos el efecto que tienen las condiciones climáticas mediterráneas sobre el potencial parasitario de *Aganaspis daci*, estimado como el porcentaje de parasitismo, la mortalidad inducida y la reducción poblacional causada sobre *C. capitata* (de Pedro *et al.*, 2017b).

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Área experimental e insectos

Los ensayos se llevaron a cabo en una parcela de limoneros localizada en las instalaciones experimentales del Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA) (Valencia), y tuvieron una duración de un año (2012-2013). Los ejemplares de *Aganaspis daci* empleados provenían de una cría de laboratorio establecida en el IVIA en el año 2010 a partir de especímenes importados de la Universidad de Thessaly (Volos, Grecia), junto con ejemplares recogidos por el equipo de Entomología del IVIA en diferentes parcelas de la Comunidad Valenciana entre 2010 y 2011. Desde entonces se mantiene

dicha cría de laboratorio, usando como hospedador a *C. capitata* (de Pedro *et al.*, 2013). Las larvas de *C. capitata* usadas en el presente estudio procedían de una cría de laboratorio que, igualmente, se viene manteniendo en el IVIA desde hace más de una década, siguiendo los protocolos de Pérez-Hinarejos y Beitia (2008).

### Diseño experimental

Se llevaron a cabo 13 ensayos a lo largo de un año, entre mayo de 2012 y mayo de 2013, con el fin de evaluar la actividad parasitaria de *A. daci* sobre *C. capitata* a lo largo de las cuatro estaciones. En cada ensayo, 26 manzanas (var. Royal Gala) fueron artificialmente infestadas siguiendo la metodología de Martins *et al.* (2010), con 30 larvas de tercer estado de *C. capitata* en cada una de ellas (se excavaron 10 hoyos en la superficie de cada fruta y se introdujeron 3 larvas por hoyo). Las manzanas fueron confinadas individualmente en cilindros ventilados de plástico (15 x 20 cm); adicionalmente, en 20 de estos cilindros se introdujeron 5 parejas maduras del parasitoide, mientras que los otros 6 cilindros, sin parasitoides en su interior, fueron empleados como control para valorar la mortalidad natural de las larvas de mosca.

Los 26 cilindros (=unidades de parasitismo) fueron introducidos en cajas de madera ventiladas que, a su vez, se depositaron en la parcela de limoneros antes citada durante una semana (Figura 2). Este tiempo se considera suficiente para que las hembras del parasitoide ejerzan su acción parasitaria. Transcurrida esa semana, las pupas de mosca fueron recogidas en botes de plástico y se dejaron evolucionar en dos condiciones diferentes, estableciéndose dos tratamientos: una serie de laboratorio y una serie de campo.

**Serie de laboratorio:** al haberse determinado una baja fertilidad en campo de *A. daci* en áreas mediterráneas en trabajos previos, las pupas procedentes de la mitad de los cilindros (10 conteniendo parasitoides y 3 controles) se depositaron en botes

de plástico (uno por cilindro) y se llevaron a condiciones de laboratorio ( $25 \pm 2$  °C, 50-70% h.r. y fotoperíodo de 16:8) para desarrollarse en condiciones óptimas y poder recuperar tanto moscas como parasitoides adultos. Se anotaron las emergencias adultas y los puparios que permanecían cerrados tras un período prudencial, y a partir de ello se estimó el % de parasitismo y la mortalidad inducida sobre la mosca por el parasitoide. Esta última variable se estimó a través de la fórmula de Schneider-Orelli (Püntener, 1981):

$$\text{Mortalidad inducida (\%)} = \frac{[(\text{Mortalidad en el tratamiento} - \text{Mortalidad en el control}) / (100 - \text{Mortalidad en el control})] \times 100}$$

**Serie de campo:** las pupas de la otra mitad de cilindros se depositaron en botes de plástico del mismo tipo que, en este caso, se dejaron en campo, en la parcela de limoneros antes citada y dentro de cajas ventiladas de madera, durante un máximo de 4 meses (Figura 2). El objetivo, en este caso, era valorar el efecto de las condiciones climáticas mediterráneas sobre la reducción poblacional de *C. capitata* causada por el parasitoide. Así, volvieron a anotarse las emergencias y los puparios cerrados con el fin de obtener el % de parasitismo y la mortalidad inducida, cuya suma resulta en la reducción poblacional total. En este caso, la mortalidad inducida se obtuvo comparando la mortalidad en este tratamiento con la del control de laboratorio.

Las condiciones climáticas de cada ensayo se estimaron midiendo 6 variables ambientales: temperatura, humedad relativa (ambas a través de un data-logger depositado en la parcela experimental), horas de sol, horas de frío, radiación solar y precipitaciones. Los datos correspondientes a las últimas 4 variables se obtuvieron a través de la estación climática del IVIA, localizada en las proximidades de la parcela experimental.

### Análisis estadísticos

Se empleó una ANOVA para valorar el efecto de la estación del año sobre el % de parasitismo, la mortalidad

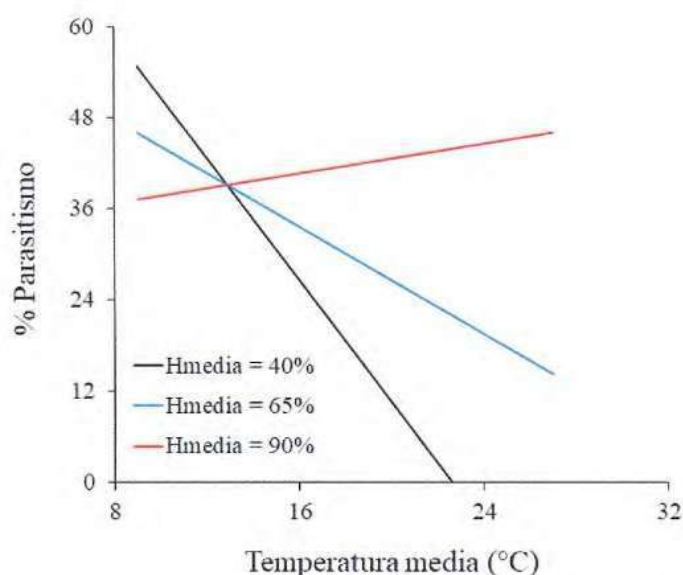




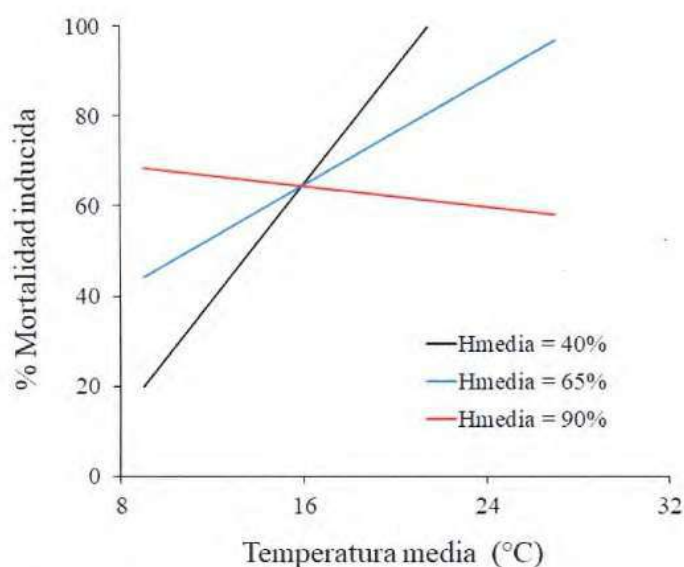
**Figura 1.** Macho (izquierda) y hembra (derecha) de *A. daci*.



**Figura 2.** Cajas de madera ventiladas, depositadas en la parcela experimental de limoneros, y conteniendo los cilindros (=unidades de parasitismo; izquierda) y los botes de plástico para la evolución de las pupas de mosca (derecha).



**Figura 3.** Relación entre el % de parasitismo y la temperatura media (°C) bajo condiciones de humedad media alta (90%), moderada (65%), y baja (40%).



**Figura 4.** Relación entre la mortalidad inducida (%) y la temperatura media (°C) bajo condiciones de humedad media alta (90%), moderada (65%), y baja (40%).

inducida y la reducción poblacional, seguida de un test de Tukey HSD (en caso de que la ANOVA mostrase diferencias significativas) para comparar las estaciones entre sí. También se emplearon regresiones lineales múltiples para analizar el posible efecto de las variables ambientales y sus interacciones sobre las variables dependientes. En este sentido, para evitar introducir factores ambientales correlacionados en el modelo de regresión, se llevó a cabo un análisis de componentes principales (PCA) (McGarigal

*et al.*, 2000; Jackson, 2003) con la matriz de correlación, calculada a partir de las medias de las variables obtenidas en cada ensayo. Las variables fueron normalizadas previamente a los análisis.

## RESULTADOS

El % de parasitismo medio por ensayo a lo largo de las 13 réplicas osciló entre el 5% y el 49% (promedio de 27,4%) (Tabla 1). El efecto de la estación sobre esta variable fue

significativo ( $F_{3,126} = 7,94$ ,  $P < 0,001$ ), con un parasitismo mayor en otoño y en invierno que en primavera y verano (Tukey HSD:  $P < 0,05$ ).

Por su parte, la mortalidad inducida media osciló entre el 31% y el 94%, con un promedio del 65,4% (Tabla 1). También esta variable estaba significativamente afectada por la estación ( $F_{3,126} = 8,97$ ,  $P < 0,001$ ), siendo más baja en invierno que en el resto de estaciones (Tukey HSD:  $P < 0,05$ ).

El modelo de regresión lineal múltiple indicó un efecto significativo de la temperatura media (TM) y la humedad media (HM) sobre el % de parasitismo ( $R^2_{aj} = 0,59$ , AIC = -61,07,  $F_{3,9} = 6,91$ ,  $P = 0,011$ ) (Figura 3). Estos factores afectan al % de parasitismo según la siguiente ecuación:  $\% \text{ parasitismo} = 1,37 - 0,0761 \times TM - 0,0116 \times HM + 0,000854 \times TM \times HM$ . Así, el % de parasitismo de *A. daci* aumentaba con la temperatura bajo niveles elevados de humedad media, mientras que cuando la humedad media era baja o media, un incremento en la temperatura llevaba a una reducción en el % de parasitismo (Figura 3).

Por su parte, respecto a la mortalidad inducida, este mismo modelo también indicó un efecto significativo de TM y HM, junto con su interacción, sobre la variable dependiente ( $R^2_{aj} = 0,77$ , AIC = 60,24,  $F_{3,9} = 14,01$ ,  $P = 0,001$ ) (Figura 4). Estos factores afectan a la mortalidad inducida según la siguiente ecuación:  $\text{mortalidad inducida (\%)} = -127,16 + 12,03 \times TM + 2,23 \times HM - 0,141 \times TM \times HM$ . De esta manera, la mortalidad inducida aumentaba con la temperatura frente a valores bajos y moderados de humedad media, pero decrecía con la temperatura cuando la humedad ambiental era alta (Figura 4).

La reducción poblacional media osciló entre el 73 y el 97%, con un promedio del 86,7% (Tabla 2). Aunque esta variable fue elevada a lo largo de todo el estudio, se dieron diferencias significativas entre estaciones ( $F_{3,126} = 3,32$ ,  $P = 0,02$ ), siendo más baja en primavera que en verano (Tukey HSD:  $P < 0,05$ ).

## DISCUSIÓN

Actualmente, es bien conocido que la temperatura y la humedad afectan de manera significativa a diversos parámetros de los parasitoides, incluyendo su longevidad, su fecundidad y las tasas de parasitismo que son capaces

**Tabla 1.** Condiciones climáticas, % de parasitismo y mortalidad inducida (Media  $\pm$  EE) obtenidas en cada ensayo en la serie de laboratorio.

Temperatura (°C) Humedad (%)										
Ensayo <sup>1</sup>	Estación	Período	Media ± EE	Media ± EE	Horas de sol	Horas de frío <sup>2</sup>	Radiación solar (MJ m <sup>-2</sup> )	Lluvia (mm)	% de parasitismo	% mortalidad inducida
1	Primavera	18 Mayo 2012	21,6 ± 8,4	55,8 ± 41,1	12,5	0	25,9	0,08	6 ± 2,13	89,2 ± 2,90
2		13 Junio	23,3 ± 9,0	70,1 ± 38,5	12,3	0	25,2	0,5	5 ± 2,21	93,6 ± 3,07
3	Verano	27 Junio	26,5 ± 9,9	70,3 ± 40,1	12,3	0	23,1	0	21 ± 4,06	76,8 ± 4,11
4		22 Agosto	27,8 ± 8,9	81,7 ± 52,2	11,9	0	22,5	0	22 ± 5,37	76,7 ± 5,44
5	Otoño	6 Septiembre	24,4 ± 7,8	87,3 ± 49,2	10,7	0	19,4	0	39 ± 7,14	58,0 ± 6,76
6		27 Septiembre	19,9 ± 8,0	82,8 ± 53,1	8,3	0	11,4	4,8	30 ± 6,49	68,0 ± 6,24
7		10 Octubre	20,3 ± 10,1	68,0 ± 48,1	9,1	0	13,4	0,8	19 ± 3,99	77,8 ± 4,96
8		25 Octubre	14,3 ± 11,3	89,2 ± 59,6	8,3	3,2	11,1	0,5	27 ± 3,03	70,3 ± 3,66
9	Invierno	28 Noviembre	9,2 ± 9,2	65,2 ± 36,0	7,8	8,4	9,5	0	49 ± 7,41	30,5 ± 6,19
10		23 Enero 2013	12,3 ± 11,8	49,4 ± 35,1	8,2	6,3	10,6	0,04	43 ± 3,16	49,1 ± 3,84
11		6 Febrero	10,7 ± 7,6	41,1 ± 25,5	8,8	6,5	11,1	0,01	36 ± 4,48	37,8 ± 4,90
12		Primavera	27 Marzo	18,5 ± 10,1	50,0 ± 32,7	10,3	0,1	19,3	0,03	25 ± 6,50
13	8 Mayo		18,5 ± 10,6	73,9 ± 43,5	11,7	0	23,3	0,7	35 ± 7,33	60,6 ± 7,35

<sup>1</sup> La duración de cada ensayo fue de una semana.

<sup>2</sup> Horas con una temperatura inferior a 8,5 °C, umbral mínimo de desarrollo de *Aganaspis daci*.

**Tabla 2.** Condiciones climáticas y reducción poblacional (Media  $\pm$  EE) obtenidas en cada ensayo en la serie de campo.

Ensayo <sup>1</sup>	Estación	Período	Temperatura (°C)		Humedad (%)		Horas de sol	Horas de frío <sup>2</sup>	Radiación solar (MJ m <sup>-2</sup> )	Lluvia (mm)	% reducción poblacional
			Media ± EE	Media ± EE							
1	Primavera	18 Mayo 2012	25,3 ± 8,5	60,2 ± 27,5	13,0	0	28,2	0,1	80,1 ± 3,46		
2		13 Junio	26,2 ± 7,1	68,6 ± 28,6	12,9	0	27,4	0,06	72,5 ± 0,00		
3	Verano	27 Junio	27,2 ± 7,7	63,7 ± 28,4	13,1	0	27,8	0	90,5 ± 0,74		
4		22 Agosto	27,3 ± 7,1	71,8 ± 26,7	12,8	0	26,7	0	86,0 ± 3,94		
5	Otoño	6 Septiembre	22,2 ± 5,2	83,2 ± 20,5	9,6	0	14,3	1,8	96,5 ± 0,01		
6		27 Septiembre	19,7 ± 6,8	77,2 ± 29,1	8,9	0,4	13,2	1,0	93,0 ± 0,91		
7		10 Octubre	14,6 ± 4,7	79,5 ± 29,6	6,9	1,6	8,6	0,9	91,7 ± 0,01		
8		25 Octubre	12,7 ± 4,6	86,7 ± 22,1	6,9	3,4	7,3	2,1	90,2 ± 0,44		
9	Invierno	28 Noviembre	11,9 ± 4,4	60,2 ± 29,4	12,9	7,2	14,6	1,6	75,1 ± 4,48		
10		23 Enero 2013	15,7 ± 9,0	65,1 ± 27,3	10,6	2,2	19,5	1,8	83,2 ± 2,60		
11		6 Febrero	20,9 ± 8,1	53,3 ± 29,1	12,1	0	26,9	0,2	88,4 ± 2,90		
12		Primavera	27 Marzo	16,7 ± 5,2	78,2 ± 21,4	6,9	0,4	11,2	1,0	90,3 ± 0,34	
13	8 Mayo		22,2 ± 5,1	83,2 ± 17,8	9,6	0	14,4	1,9	89,7 ± 0,00		

<sup>1</sup> La duración de cada ensayo se prolongó hasta la emergencia de moscas y parasitoides, al menos un mes.

<sup>2</sup> Horas con una temperatura inferior a 8,5 °C, umbral mínimo de desarrollo de *Aganaspis daci*.



de generar (Bruce *et al.*, 2009; Quicke, 2015). Asimismo, la humedad puede incluso afectar a la búsqueda de hospedadores, especialmente bajo elevadas temperaturas, dado el pequeño tamaño de estos insectos y el riesgo que tienen de sufrir excesivas pérdidas de agua (Moezipour *et al.*, 2008). Nuestros resultados parecen indicar que *Aganaspis daci* no es una excepción a este respecto, refrendando el hecho ya conocido de que el desarrollo larvario de esta especie está fuertemente influenciado por los factores ambientales (Hosni *et al.*, 2011; de Pedro *et al.*, 2016a,b, 2017a).

Ya en experimentos previos se determinó que, bajo condiciones climáticas mediterráneas, *A. daci* mostraba una fertilidad muy baja comparada con la de otros parasitoides de *C. capitata*, tales como los braconidos *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) (Harbi *et al.*, 2016) y *Diachasmimorpha tryoni* (Cameron) (Garzón-Luque *et al.*, 2008), y los pteromálicos *Spalangia cameroni* Perkins y *Pachycrepoideus vindemmiae* (Rondani) (Pérez-Hinarejos & Beitia, 2008; Stacconi *et al.*, 2013). De acuerdo a estos estudios, *A. daci* presenta una mortalidad de inmaduros a lo largo del año muy superior a la de las otras especies citadas. A este respecto, igualmente, meses atrás ya demostramos que tanto las altas (30-35 °C) como las bajas (aprox. 15 °C) temperaturas comprometían la supervivencia y ralentizaban el desarrollo de este parasitoide (de Pedro *et al.*, 2016a). Una posible explicación a esta baja fertilidad es que este parasitoide sea incapaz de ovipositar eficientemente bajo condiciones de campo. Esta idea contrasta con los hallazgos de Papadopoulos y Katsoyannos (2003) y Ali *et al.* (2016), quienes observaron altos niveles de parasitismo en condiciones mediterráneas; pero concuerda con el hecho de que sus poblaciones naturales sólo han sido observadas en campo en verano, sugiriendo la existencia de una sola generación anual y bajo las condiciones más adecuadas.

Nuestros resultados ponen de manifiesto que *A. daci* es capaz de inducir

mortalidad, parasitar y, por tanto, ovipositar sobre *C. capitata* a lo largo de todo el año. A través de nuestros ensayos, se ha podido demostrar que la actividad parasitaria de *A. daci* (y, consecuentemente, la mortalidad que induce) está relacionada con la temperatura y la humedad, que aparecieron como factores ambientales más influyentes. El parasitismo difirió de forma significativa entre aquellas estaciones con mayor divergencia climática, y aumentó a medida que se alcanzaban las condiciones óptimas para el parasitoide. Así, las tasas de parasitismo en invierno, cuando las temperaturas son más bajas, fueron más altas frente a bajos valores de humedad, y en verano, bajo un calor más intenso, aumentaban bajo humedades elevadas. La tendencia era opuesta en el caso de la mortalidad inducida. Todo esto indica que en invierno la humedad podría no tener efecto beneficioso alguno sobre la actividad parasitaria, mientras que en verano, cuando el riesgo de pérdida de agua por transpiración es mayor, la humedad podría ayudar a *A. daci* a mantener su contenido de agua en un nivel óptimo, permitiendo el correcto funcionamiento metabólico. Esta misma tendencia ya se ha observado en otros parasitoides de tefritidos, como el braconido *Psytalia concolor* (Szépligeti), que, al actuar sobre la mosca del olivo *Bactrocera oleae* (Rossi), muestra mayores tasas de parasitismo bajo condiciones cálidas y húmedas, idóneas para el crecimiento y desarrollo tanto de parasitoides como de hospedadores (Yokoyama *et al.*, 2008; Yokoyama & Miller, 2007).

Con todo ello, se puede concluir que *A. daci*, pese a mostrar una fertilidad muy baja bajo condiciones de campo, presenta tasas de parasitismo aceptables, lo cual unido a la mortalidad que induce en su hospedador resulta en una fuerte reducción poblacional de la mosca mediterránea de la fruta, que es el objetivo final de los programas de control de *C. capitata*. Así pues, y como ya sugerimos anteriormente (de Pedro *et al.* 2013, 2016a,b, 2017a) atendiendo únicamente a parámetros biológicos, podemos afirmar que el figítido *Aganaspis daci* es

un buen candidato para ser utilizado en sueltas inundativas para el control de *C. capitata* en la Cuenca Mediterránea.

## AGRADECIMIENTOS

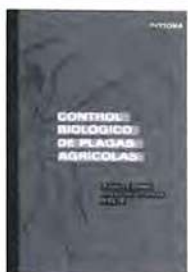
Este trabajo se desarrolló en el marco del proyecto de investigación del Ministerio de Economía y Competitividad AGL2010-21349-C02-02. Los autores agradecen a Amparo Duato y María José Camaró (IVIA) su ayuda técnica en el mantenimiento de las crías de insectos.

## BIBLIOGRAFÍA

- Ali A.Y., Ahmad A.M., Amar J.A. 2015. Hymenopteran parasitoids (Figitidae and Pteromalidae) of *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) on loquat and guava in Tartous, Syria. *Biocontrol Science and Technology* 25: 223-228.
- Ali A.Y., Ahmad A.M., Amar J.A., Darwish R.Y., Izzo A.M., Al-Ahmad S.A. 2016. Field parasitism levels of *Ceratitis capitata* larvae (Diptera: Tephritidae) by *Aganaspis daci* on different host fruit species in the coastal region of Tartous, Syria. *Biocontrol Science and Technology* 26: 1617-1625.
- Argilés R., Tejedo V. 2007. La lucha contra la mosca de la fruta mediante la técnica del insecto estéril en la Comunidad Valenciana. *Levante Agrícola* 385: 157-162.
- Baranowski R., Glenn H., Sivinski J. 1993. Biological control of the Caribbean fruit fly (Diptera: Tephritidae). *Florida Entomologist* 76: 245-251.
- Beitia F., Pérez-Hinarejos M., Garzón E., Santiago S., Tarazona I., Malagón J., Tormos J., Falcó J.V. 2007a. Lucha biológica contra *Ceratitis capitata*: Himenópteros parasitoides autóctonos. *Terralia* 63: 34-44.
- Beitia F., Pérez-Hinarejos M., Garzón E., Santiago S., Tarazona I. 2007b. Control biológico con parasitoides. *Levante Agrícola* 385: 145-150.
- Beitia F., Sabater-Muñoz B., Malagón P. 2011. Estrategias de manejo integrado de la mosca mediterránea de la fruta en la Comunidad Valenciana. *Vida Rural* 323: 52-58.
- Beitia F., Ferrara F.A., Harbi A., de Pedro L., Tormos J., Sabater-Muñoz B. 2014. Avances en el control biológico de la mosca de la fruta. *Vida Rural* 379: 34-39.
- Bruce A.Y., Schulthess F., Mueke J. 2009. Host acceptance, suitability, and effects of host deprivation on the West African egg parasitoid *Telenomus isis* (Hymenoptera: Scelionidae) reared on East African stemborers under varying temperature and relative humidity regimes. *Environmental Entomology* 38: 904-919.
- Castañera P. 2007. La unidad asociada de entomología IVIA-CIB y su papel en el control de *Ceratitis capitata*. *Levante Agrícola* 385: 89-90.



- Clausen C.P.** 1978. Introduced Parasites and Predators of Arthropod Pests and Weeds: A World Review. *ARS-USDA Handbook*, nº 480. Pp: 320-335.
- de Pedro L., Martínez R., Harbi A., Ferrara F.A., Tormos J., Asís J.D., Sabater-Muñoz B., Beitia F.** 2013. Un nuevo enemigo natural de *Ceratitis capitata* (Diptera, Tephritidae) identificado en la Comunidad Valenciana: el parasitoide *Aganaspis daci* (Hymenoptera, Figitidae). *Levante Agrícola* 416: 153-157.
- de Pedro L., Beitia F., Sabater-Muñoz B., Asís J.D., Tormos J.** 2016a. Effect of temperature on the developmental time, survival of immatures and adult longevity of *Aganaspis daci* (Hymenoptera: Figitidae), a natural enemy of *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). *Crop Protection* 85: 17-22.
- de Pedro L., Beitia F., Sabater-Muñoz B., Asís J.D., Tormos J.** 2016b. Efecto de la alimentación sobre la longevidad de adultos y la fertilidad de *Aganaspis daci* (Hymenoptera: Figitidae), parasitoide de moscas de las frutas. *Levante Agrícola* 431: 113-118.
- de Pedro L., Beitia F., Ferrara F., Asís J.D., Sabater-Muñoz B., Tormos J.** 2017a. Effect of host density and location on the percentage parasitism, fertility and induced mortality of *Aganaspis daci* (Hymenoptera: Figitidae), a parasitoid of *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). *Crop Protection* 92: 160-167.
- de Pedro L., Beitia F., Sabater-Muñoz B., Harbi A., Ferrara F., Polidori C., Asís J.D., Tormos J.** 2017b. Parasitism of *Aganaspis daci* against *Ceratitis capitata* under Mediterranean climate conditions. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 163: 287-295.
- Delrio G., Cocco A.** 2012. Tephritidae. In: Vacante V., Gerson U. (Eds.). *Integrated Control of Citrus Pests in the Mediterranean Region*. Bentham Science, Sharja, UAE. Pp: 206-222.
- Garzón-Luque E., Beitia F., Falcó J.V.** 2008. Parasitism of *Diachasmimorpha tryoni* (Hymenoptera: Braconidae) on the host *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) under mediterranean temperatures. *IOBC/WPRS Bulletin* 38: 125-129.
- Harbi A., de Pedro L., Beitia F., Chermiti B., Ferrara F.A., Tormos J., Sabater-Muñoz B.** 2016. Parasitism activity of *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae) and *Aganaspis daci* (Weld) (Hymenoptera: Figitidae) against *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae) under Mediterranean climatic conditions. In: Sabater-Muñoz B., Vera T., Pereira R., Orankanok W. (Eds.), *Proceedings of the Ninth International Symposium on Fruit Flies of Economic Importance (ISFFEI)*. Bangkok, Thailand. Pp: 401-410.
- Hosni M., El-Husseini M.M., El-Heneidy A., Atallah F.A.** 2011. Biological aspects of the peach fruit fly, *Bactrocera zonata* (Saund.) (Diptera: Tephritidae) and its parasitoid species, *Aganaspis daci* Weld. (Hymenoptera: Eucilidae). *Egyptian Journal of Biological Pest Control* 21: 137-142.
- Jackson J.E.** 2003. *A User's Guide to Principal Components*. Wiley, Hoboken, NJ, USA.
- Liquido N.J., Shindoa L.A., Cunningham R.T.** 1991. Host Plants of the Mediterranean Fruit Fly, *C. capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae): An Annotated World Review. Miscellaneous Publication 77, Entomological Society of America, Lanham, MD, USA.
- Martins D.S., Skouri W., Chermiti B., Aboussaid H., El Messoussi S., Oufdou K., Sabater-Muñoz B., Beitia F.** 2010. Analysis of two larval-pupal parasitoids (Hymenoptera, Braconidae) in the biological control of *Ceratitis capitata* (Wiedemann) in Spanish Mediterranean areas. In: Sabater-Muñoz B., Navarro-Llopis V., Urbaneja A. (Eds.), *Proceedings of the 8th International Symposium on Fruit Flies of Economic Importance*. Polytechnic University of Valencia Editorial, Valencia, Spain. Pp: 252-258.
- McGarigal K., Cushman S., Stafford S.** 2000. *Multivariate Statistics for Wildlife and Ecology Research*. Springer, New York, NY, USA.
- Moezipour M., Kafil M., Allahyari H.** 2008. Functional response of *Trichogramma brassicae* at different temperatures and relative humidities. *Bulletin of Insectology* 62: 245-250.
- Ovruski S.M., Wharton R.A., Rull J., Guillén L.** 2007. *Aganaspis alujai* (Hymenoptera: Figitidae: Eucilinae), a new species attacking Rhagoletis (Diptera: Tephritidae) in the neotropical region. *Florida Entomologist* 90: 626-634.
- Papadopoulos N.T.** 2008. Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae). In: Capinera J.L. (Ed.), *Encyclopedia of Entomology*, Vol. 3. Springer, Heidelberg, Germany. Pp: 2318-2322.
- Papadopoulos N.T., Katsoyannos B.I.** 2003. Field parasitism of *Ceratitis capitata* larvae by *Aganaspis daci* in Chios, Greece. *BioControl* 48: 191-195.
- Pérez-Hinarejos M., Beitia F.** 2008. Parasitism of *Spalangia cameroni* (Hymenoptera, Pteromalidae), an idiobiont parasitoid on pupae of *Ceratitis capitata* (Diptera, Tephritidae). *IOBC/WPRS Bulletin* 38: 130-133.
- Püntener W.** 1981. *Manual for Field Trials in Plant Protection*, 2nd edn. Agricultural Division, Ciba Geigy, Basle, Switzerland.
- Quicke D.L.J.** 2015. *Biology, Systematics, Evolution and Ecology of Braconid and Ichneumonid Parasitoid Wasps*. Wiley Blackwell, Chichester, UK.
- Sabater-Muñoz B., Tormos J., de Pedro L., Harbi A., Tur C., Briasco M., Verdú M.J., Beitia F.** 2012. Estrategias de control integrado de *Ceratitis capitata* en cítricos. *Vida Rural* 353: 42-45.
- Stacconi M.V.R., Grassi A., Dalton T., Miller B., Quantar M., Loni A., Ioriatti C., Walton V.M., Anfora G.** 2013. First field records of *Pachycrepoideus vindemmiae* as a parasitoid of *Drosophila suzukii* in European and Oregon small fruit production areas. *Entomologia* 1: e3.
- Verdú M.J., Falcó J.V., Beitia F., Sabater-Muñoz B.** 2011. Identificación de un nuevo agente de control biológico de *Ceratitis capitata* en España, el himenóptero eucoílino *Aganaspis daci*. XXVIII Jornadas de la Asociación Española de Entomología (AeE). Book of Abstracts, Ponferrada, Spain, p. 25.
- Weld L.H.** 1951. A new species of *Trybliographa* (Hymenoptera: Cynipidae). *Proceedings of the Hawaiian Entomological Society* 14: 331-332.
- Wharton R.A., Gilstrap F.E., Rhodei R.H., Fischel M.M., Hart W.G.** 1981. Hymenopterous egg-pupal and larval-pupal parasitoids of *Ceratitis capitata* and *Anastrepha* spp. (Diptera, Tephritidae) in Costa Rica. *Entomophaga* 26: 285-290.
- Yokoyama V.Y., Miller G.T.** 2007. Olive fruit fly biology and cultural control practices in California. *IOBC/WPRS Bulletin* 30: 277-285.
- Yokoyama V.Y., Rendón P.A., Sivinski J.** 2008. *Psytalia* cf. *concolor* (Hymenoptera: Braconidae) for biological control of olive fruit fly (Diptera: Tephritidae) in California. *Environmental Entomology* 37: 764-773.



## CONTROL BIOLÓGICO DE PLAGAS AGRÍCOLAS

Autor: J.A. Jacas y A. Urbaneja (Editores). 496 pag. Ilust. color (2008)

Esta obra, que ha sido dirigida por los editores J. A. Jacas y A. Urbaneja (Unidad Asociada de Entomología UJI-IVIA-CIB), está dividida en 33 capítulos agrupados en 5 secciones (Introducción, Agentes de Control Biológico (CB), CB por tipo de plaga, Cultivos con MIP basado en el CB, y Futuro del CB), recogiendo la información y elaboración de 56 profesores e investigadores en el campo del Control Biológico en nuestro país, que han recopilado desde su propia experiencia para el lector interesado.

Se trata de un libro que combina aspectos básicos con otros muy aplicados, con el que se pretende proporcionar las claves para entender cómo funciona y cómo se aplica el Control Biológico a un público amplio, desde el consumidor preocupado por temas medioambientales hasta el investigador en control biológico, incluyendo a estudiantes, docentes o los propios agricultores.

P.V.P. 58 €- IVA incluido (+ gastos de envío) PARA PEDIDOS: EDICIONES L.A.V., S.L. Tel.: 96/ 372 02 61 pedidos@edicioneslav.com